

بررسی اثرات تنش خشکی و هگزاکونازول بر صفات فیزیومورفولوژیک گیاه پنیرک (*Malva sylvestris* L.)

بهاره کاشفی^{۱*}، فائزه بحری^۲

۱. استادیار و عضو هیئت علمی، گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دامغان، دامغان

۲. فارغ التحصیل کارشناسی ارشد، گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دامغان، دامغان

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۲/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۶/۱۰

چکیده

تنش کم آبی یکی از شایع ترین تنش‌های غیرزیستی است که رشد گیاه را در مناطق خشک و نیمه خشک محدود می‌کند. هگزاکونازول از ترکیبات تریازولی، انواع جدیدی از مواد شیمیایی هستند که با جلوگیری از سنتز جیبرلین منجر به کاهش رشد رویشی و افزایش رشد زایشی می‌گردند. به منظور ارزیابی تأثیر تیمار هگزاکونازول بر صفات مورفوفیزیولوژیک گیاه پنیرک تحت تنش خشکی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با چهار تکرار در شهرستان نیشابور انجام شد. در مرحله چهار تا پنج برگی رشد گیاه، تنش خشکی در شاهد و مرحله ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و تیمار هگزاکونازول در سه سطح صفر، ۱۵ و ۲۵ میلی‌گرم در لیتر به صورت اسپری برگی اعمال شد. بر اساس عکس العمل گیاه حدود دو ماه تیمار انجام شد، سپس صفات فیزیومورفولوژیک و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در برگ گیاه مورد سنجش قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل تنش خشکی و تیمار هگزاکونازول، موجب کاهش طول ساقه، ریشه و سطح برگ و افزایش نسبت ریشه به ساقه، وزن تر و خشک و غلظت پرولین و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز گردید و همچنین مشاهده شد که تیمارها تأثیری بر روی تعداد برگ، کلروفیل *a*، *b*، کل و پروتئین نداشتند. نتایج این تحقیق نشان داد تیمار هگزاکونازول با کاهش رشد سطح برگ و تعداد برگ و افزایش رشد ریشه نسبت به ساقه، رشد رویشی ساقه و ریشه، وزن تر و خشک، کلروفیل، قندهای محلول، آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز و غلظت پرولین مکانیسم دفاعی گیاه را نسبت به تنش خشکی بهبود می‌بخشد. همچنین مشخص گردید که تنظیم‌کننده رشد گیاهی مانند هگزاکونازول می‌تواند در توسعه رشدی و بهبود برخی خصوصیات گیاهی مؤثر بوده و از شدت تنش بر گیاه بکاهد.

واژه‌های کلیدی: تنش‌های غیرزیستی، تریازول، ختمی خبازی، صفات رشدی، محلول‌پاشی.

مقدمه

می‌آیند (Razavi, 2003). این گیاه دارای خواص درمانی برای رفع سردردهای یک‌طرفه شدید، دل‌پیچه، ورم لوزه‌ها، درد گلو و ناراحتی‌های ناشی از تابش گرمای خورشید و آفتاب‌زدگی، به‌عنوان خلط‌آور و رفع گرفتگی صدا، درمان تورم قسمت‌های بالای راه‌های تنفسی و گلو، تورم‌های روده‌ای، ضد سرفه و مرهم سینه است.

گیاه پنیرک (ختمی خبازی)^۱ از گیاهان دارویی ارزشمند، از تیره مالواسه^۲، گیاهی یک‌ساله، دوساله و یا به‌ندرت چندساله است (Razavi, 2003). منشأ این گیاه آسیای میانه گزارش شده است و تقریباً در تمام نقاط جهان می‌روید (Omidbeigi, 2012). مواد لعابی، تانن‌ها^۳، مواد رزینی و اگزالات کلسیم عمده ترکیبات شیمیایی پنیرک به شمار

² Malvaceae

³ Tannin

¹ *Malva sylvestris* L.

با توجه به اهمیت کمبود آب و کاهش منابع آبی قابل‌دسترس در ایران، اولویت جایگزینی گیاهان مقاوم به کم‌آبی، تعیین نیاز آبی و افزایش مقاومت گیاهان در مقابل تنش‌های رطوبتی، تحقیق حاضر به‌منظور بهبود میزان تحمل تنش خشکی گیاه ختمی خبازی با استفاده از تیمار هگزاکونازول انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی تأثیر تیمار هگزاکونازول بر صفات مورفوفیزیولوژیک گیاه ختمی خبازی تحت تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با چهار تکرار در شهرستان نیشابور انجام شد. به این منظور بذره‌های ختمی خبازی به مدت ۳۰ ثانیه در محلول هیپوکلرید سدیم قرار گرفته، پس از شسته شدن با آب، بذور در گلدان‌های پلاستیکی با ارتفاع ۲۸ سانتی‌متر و قطر ۱۸ سانتی‌متر و در خاک لومی شنی با عمق ۳ تا ۵ سانتی‌متر کشت شدند و آبیاری روزانه انجام شد. در مرحله رشد فنولوژیک گیاه، از مرحله چهار تا پنج‌برگی تنش خشکی (تنش) در سطح شاهد و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی اعمال گردید. محلول هگزاکونازول در سه سطح صفر، ۱۵ و ۲۵ میلی‌گرم در لیتر، در دو نوبت، دو و چهار هفته پس از تنش، به‌صورت برگ‌اسپری شد. بر اساس عکس‌العمل گیاه حدود دو ماه تیمار انجام شد. صفات موردبررسی شامل: ارتفاع گیاه، طول ساقه و ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه، اندازه‌گیری تعداد و سطح برگ، میزان پرولین (Bates et al., 1973)، میزان قندهای محلول (Sheligl, 1986) و میزان کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها (Arnon, 1967) بودند. سنجش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت پراکسیداز (Chance and Maehly, 1955)، کاتالاز (Eising and Gerhardt, 1989) و محتوی پروتئین گیاه (Lowry et al., 1951) نیز در برگ گیاه با دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل UV-Vis Spectrophotometer (WPA) سنجیده شد.

به‌منظور استخراج پرولین از بافت تر (Bates et al., 1973)، عصاره صاف‌شده ۰/۵ گرم ماده تر گیاهی خردشده و سولفوسالیسیلیک اسید سه درصد همراه با معرف ناین‌هیدرین (اسید ناین‌هیدرین، اسید استیک گلاسیال و

تنش کم‌آبی یکی از شایع‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که رشد گیاه را در مناطق خشک و نیمه‌خشک محدود می‌کند (Hojati et al., 2011). در مناطق خشک و نیمه‌خشک کمبود آب یکی از عوامل محدودکننده رشد و نمو گیاهان است و دستیابی به ارقامی که قادر به رشد و نمو تولید محصول بالا در شرایط تنش خشکی باشد، بسیار موردتوجه است (Rastegar, 1992). تنش خشکی موجب کاهش تورژانس و اختلال در تقسیم و طویل شدن سلولی می‌شود به‌این‌ترتیب که گیاهی که تحت تأثیر این تنش قرار گرفته است دارای ارتفاع کم، اندازه کوچک ساقه، تعداد کم برگ، کاهش اندازه روزه و افزایش تعداد و اندازه کرک‌ها می‌گردد (Beck et al., 2007).

هگزاکونازول^۱ عضو فعال خانواده تریازول است که در تنظیم رشد گیاه نقش دارد. تریازول‌ها در محافظت گیاهان از تنش‌های مختلف محیط بسیار مؤثر هستند، تنش‌های ناشی از آب از مهم‌ترین انواع تنش‌های غیرزیستی هستند، گیاهان تیمار شده با تریازول‌ها، آب کمتری مصرف کرده و خشکی را بهتر از گیاهان تیمار نشده تحمل می‌کنند (Hoshyar Fard and Darvish Mojani, 2004). ثابت شده است که هگزاکونازول باعث بروز تغییرات مورفولوژیک و فیزیولوژیک فراوانی در گیاه می‌شود (Kishorekumar et al., 2006). از اثرات اولیه این ترکیبات، جلوگیری از فعالیت کائورن‌اکسیداز است، این آنزیم تبدیل انت‌کائورن به کائورونیک‌اسید^۲ را کاتالیز می‌کند، در نتیجه میزان جیبرلین کاهش می‌یابد (Fletcher et al., 2000). این ترکیبات باعث افزایش گلدهی، غلظت کلروفیل، مقاومت به خشکی، سرما، گرما و آلودگی‌های هوا، تعداد انشعاب، تعداد گل و کاهش رشد رویشی می‌شوند (Hojati et al., 2006; Magnitskiy et al., 2011). اثرات مورفولوژیکی تریازول‌ها روی گیاه شامل کاهش ارتفاع گیاه، سبز و مترکم نمودن گیاه، افزایش ضخامت و سطح برگ، کاهش سطح برگ، افزایش وزن خشک برگ در واحد سطح و افزایش رشد ریشه و تشکیل ریشه نابجا است (Davis, 1991). از اثرات فیزیولوژیکی تریازول‌ها می‌توان افزایش میزان کلروفیل در واحد سطح، کاهش فعالیت‌های تنفسی، افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها و افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش‌ها را نام برد (Bisht et al., 2007).

² Kaurenic Acid

¹ Hexaconazole

فعالیت کمی آنزیم کاتالاز (Eising and Gerhardt, 1989)، از بافت تازه استفاده شد. با استفاده از محلول‌های بافر فسفات و آب‌اکسیژنه، میزان فعالیت کمی آنزیم با دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۲۴۰ نانومتر پس از یک دقیقه قرائت شد. جهت کالیبره کردن دستگاه از بافر استاندارد استفاده شد و با محاسبه کمیت‌سنجی در واحد فعالیت بر میلی‌گرم پروتئین گزارش شد. برای اندازه‌گیری پروتئین (Lowry et al., 1951)، پس از افزودن هیدروکسید سدیم دو نرمال به عصاره گیاهی تازه یا استاندارد، نمونه‌ها در حمام آب گرم (دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفته و پس از سرد شدن، کمپلکس (محلول کربنات سدیم Na_2CO_3 دو درصد، سولفات مس CuSO_4 یک درصد و سدیم پتاسیم تارتارات $\text{C}_4\text{H}_4\text{KNaO}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ دو درصد) و فولین خالص ($\text{C}_{10}\text{H}_5\text{NaO}_5\text{S}$) به آن اضافه شد و مخلوط حاصل پس از ۳۰ دقیقه ماندن در تاریکی و دمای اتاق در طول موج ۷۵۰ نانومتر قرائت شد. برای تهیه استاندارد از آلبومین گاوی جهت محاسبه میزان پروتئین عصاره‌ها استفاده شد.

محاسبات آماری

پس از اجرای پروژه و جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9 انجام گرفت. مقایسه میانگین از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد و همبستگی بین صفات تعیین گردید. همچنین برای رسم نمودار از نرم‌افزار اکسل 2007 استفاده شد.

نتایج

تعداد برگ

نتایج نشان داد که تنش خشکی، هگزاکونازول و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. مقایسه میانگین‌ها مشخص نمود (جدول ۱-۱)، تعداد برگ در شرایط بدون تنش چندان تغییری نمود، ولی با کاربرد ۲۵ میلی‌گرم در لیتر هگزاکونازول از شدت روند کاهش تعداد برگ در شرایط تنش کاسته شد. همچنین در گروه شاهد با (۱۱/۲۵) و بدون تنش خشکی و غلظت‌های صفر و ۱۵ میلی‌گرم در لیتر هگزاکونازول (۷/۵) حداکثر میانگین مشاهده شد، ولی بقیه سطوح دارای میانگین پایین‌تری بودند، بنابراین، می‌توان اظهار نمود با افزایش غلظت هگزاکونازول تعداد برگ‌ها کاهش یافت.

اسید فسفریک شش مولار) و اسیداستیک گلاسیال مخلوط گردید. هم‌زمان محلول‌های استاندارد نیز آماده و نمونه‌ها در حمام آب گرم و سپس درون حمام یخ قرار داده شدند. پس از سرد شدن لوله‌ها، چهار میلی‌لیتر تولوئن به محلول اضافه و پس از تشکیل دو فاز مجزا قسمت رنگی در دستگاه اسپکتروفوتومتر با طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت گردید و با کمک منحنی استاندارد مقدار پروتئین محاسبه شد. جهت اندازه‌گیری میزان کل قندهای محلول برگ (Shelig, 1986)، ابتدا نمونه برگ خشک‌شده در آون، از الک با مش هشت عبور داده شد. یک‌صد میلی‌گرم با اتانول ۸۰ درصد مخلوط، ورتکس و در دستگاه سانتریفیوژ قرار گرفت. فاز مایع جداشده به مدت ۲۴ ساعت در آون جهت تبخیر اتانول نگه‌داری شدند. جرم زردرنگ یا سفیدرنگ باقی‌مانده در کف پتری‌ها، پس از شستشو با ۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر، به‌منظور حذف رسوبات اضافی و ترکیبات دیگر، با محلول پنج درصد سولفات روی (ZnSO_4) و محلول هیدروکسید باریم (Ba(OH)_2) سه‌دهم نرمال ورتکس و سانتریفیوژ شدند. سپس مقدار دو میلی‌لیتر از عصاره فاز مایع با محلول پنج درصد فنل ترکیب و اسیدسولفوریک ۹۸ درصد به داخل هر یک از نمونه‌ها اضافه شد. پس از گذشت ۴۵ دقیقه و تثبیت رنگ محلول‌ها گردد، نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفوتومتر با طول موج ۴۸۵ نانومتر قرائت و با منحنی استاندارد محاسبه گردید. به‌منظور اندازه‌گیری میزان کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها (Arnon, 1967) مقدار نیم گرم از ماده تر گیاهی را در هاون چینی ریخته، به‌خوبی له شد. سپس ۲۰ میلی‌لیتر استن ۸۰٪ به نمونه اضافه، سپس در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت. عصاره حاصل از سانتریفیوژ به بالن شیشه‌ای منتقل و مقداری از نمونه در کووت اسپکتروفوتومتر ریخته شد و سپس مقدار جذب به‌طور جداگانه در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر برای سنجش کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها توسط اسپکتروفوتومتر قرائت و با استفاده از فرمول محاسبه گردید. جهت سنجش فعالیت کمی آنزیم پراکسیداز (Chance and Maehly, 1955)، از بافت تازه، با استفاده از محلول‌های بافر فسفات، پیروگال (C₆H₆O₃) و آب‌اکسیژنه، میزان فعالیت کمی آنزیم با دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۴۲۰ نانومتر قرائت شد. جهت کالیبره کردن دستگاه از بافر استاندارد استفاده شد و با محاسبه کمیت‌سنجی در واحد فعالیت بر میلی‌گرم پروتئین گزارش شد. به‌منظور سنجش

مطالعه تأثیر سالیسیلیک اسید بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی دانه‌های خیار تحت شرایط تنش نتیجه گرفتند که تعداد برگ تحت شرایط تنش خشکی کاهش و با کاربرد سالیسیلیک اسید افزایش یافته است (Bayat et al., 2011).

با بررسی اثرات تنش خشکی بر رشد گیاه شوید مشاهده کردند که با افزایش تنش خشکی تعداد برگ کاهش یافته است. به نظر می‌رسد که خشکی روی تشکیل سلول‌های اولیه برگ و تمایز آن‌ها تأثیر گذاشته و سبب کاهش تعداد برگ می‌شود (Setayesh-Mehr and Ganjali, 2013).

جدول ۱. مقایسه میانگین سطوح مختلف خشکی و هگزاکونازول بر صفات رشدی پنبیرک

Table 1. Mean comparison of drought and hexaconazole different levels on growth characteristics of the (*Malva sylvestris* L.)

خشکی Drought (% FC)	هگزاکونازول Hexaconazole (mg l ⁻¹)	تعداد برگ Number of leaves	سطح برگ Leaf area (cm ²)	طول ساقه Shoot length (cm)	طول ریشه Root length (cm)	ریشه/ساقه Root/Shoot (cm)	وزن تر Fresh weight (g)
100	0	7.5 ^a	42.05 ^a	10.63 ^{ab}	30.5 ^b	2.82 ^b	0.73 ^b
100	15	7.5 ^a	37.05 ^b	12.13 ^a	32.25 ^b	2.72 ^b	1.22 ^a
100	25	7.25 ^a	35.9 ^b	8.88 ^b	34.75 ^a	3.77 ^a	0.8 ^b
50	0	11.25 ^a	31.61 ^b	10.88 ^a	32.25 ^a	2.993 ^a	0.78 ^b
50	15	7 ^c	40.66 ^a	10.38 ^a	32.25 ^a	3.108 ^a	1.15 ^a
50	25	9 ^b	29.21 ^b	9.63 ^a	33.25 ^a	3.23 ^a	1.26 ^a

جدول ۱. ادامه

Table 1. Continued

خشکی Drought (% FC)	هگزاکونازول Hexaconazol e (mg l ⁻¹)	وزن خشک Dry weight (g)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg/g FW)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg/g FW)	کلروفیل کل Total Chlorophyll (mg/g FW)	کاروتنوئید Carotenoid s (mg/g FW)
100	0	0.038 ^b	39.25 ^a	21.81 ^a	29.87 ^a	255.39 ^b
100	15	0.07 ^a	41.89 ^a	22.9 ^a	29.22 ^a	313.08 ^a
100	25	0.028 ^b	39.5 ^a	17.31 ^a	22.65 ^b	307.33 ^a
50	0	0.045 ^c	37.03 ^a	14.05 ^a	19.34 ^a	279.26 ^a
50	15	0.1 ^a	36.68 ^a	14.78 ^a	19.4 ^a	284.16 ^a
50	25	0.08 ^b	31.93 ^b	11.87 ^b	15.78 ^b	287.67 ^a

در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد است.

In each column, the same words indicate no significant difference based on the Duncan multi-domain test at 1% probability level.

شد. این نتایج نشان می‌دهد که تیمار هگزاکونازول تا سطح مشخصی اثرات تنش خشکی بر سطح برگ را نقصان می‌دهد. نتایج بررسی‌ها در دو گیاه نخود و نخودفرنگی نشان داد که بین کاهش تعرق گیاه و نگهداری سطح برگ بحرانی برای فتوسنتز می‌بایست تعادل مناسبی وجود داشته باشد و در شرایط تنش کاهش سطح برگ روش سازگاری مهم است، چون اولین راهکاری است که گیاه هنگام کمبود آب آن را اتخاذ می‌کند. این موضوع در مورد باقلا هم صادق است، در این گیاه هنگامی که تنش خشکی حادث می‌شود، ارتفاع گیاه

سطح برگ

نتایج نشان داد که تنش خشکی و هگزاکونازول و اثرات متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری داشتند. مقایسه میانگین‌ها نیز گروه‌بندی متفاوت را در تیمارها مشخص نمود (جدول ۱-۱). سطح برگ با محلول پاشی هگزاکونازول در سطوح ۱۵ و ۲۵ میلی‌گرم در لیتر نسبت به شاهد کاهش یافت، ولی با اعمال تنش خشکی سطح ۱۵ میلی‌گرم در لیتر هگزاکونازول موجب افزایش سطح برگ (۶۶/۴ سانتی‌متر مربع)

دو گیاه مورد بررسی افزایش یافت (Amiri Deh Ahmadi et al., 2010).

وزن تر و خشک

بر اساس نتایج، خشکی تأثیری بر روی وزن تر گیاه نداشت، اما هگزاکونازول در سطح احتمال یک درصد و اثرات متقابل تیمارها در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری نشان داد. تنش خشکی و سطوح هگزاکونازول و اثرات متقابل آن‌ها در سطح یک درصد بر وزن خشک اختلاف معنی‌دار داشتند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۱-۱) که تیمار محلول-پاشی هگزاکونازول در هر دو سطح بر وزن تر گیاه نقش بهبوددهنده داشت، به طوری که در شرایط با و بدون تنش خشکی وزن تر نسبت به شاهد افزایش یافت، این در حالی است که در شرایط بدون تنش خشکی غلظت ۱۵ میلی‌گرم در لیتر هگزاکونازول (۱/۲۲ گرم) و در شرایط تنش خشکی غلظت ۲۵ میلی‌گرم در لیتر هگزاکونازول (۱/۲۶ گرم) بیشترین وزن تر را نشان دادند. کاربرد هگزاکونازول در سطح ۱۵ میلی‌گرم در لیتر در شرایط تنش خشکی (۰/۱ گرم) و بدون تنش خشکی (۰/۰۷ گرم) موجب توسعه وزن خشک نسبت به شاهد و سطح ۲۵ میلی‌گرم در لیتر گردید. نتایج تعیین‌کننده این است که سطوح هگزاکونازول می‌تواند در بهبود بیوماس گیاه مؤثر باشد. در مطالعه تأثیر دو ترکیب تریازولی هگزاکونازول و پاکلوبوترازول بر روی هویج مشاهده کردند که هگزاکونازول باعث افزایش وزن تر و خشک شد (Gopi et al., 2007). در تحقیقی اثرات سطوح مختلف تیمار هگزاکونازول (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر) را بر روی گیاه کولئوس مورد بررسی قرار دادند و مشاهده کردند که هگزاکونازول وزن خشک و تر این گیاه را افزایش داد (Lakshmanan et al., 2007). در مطالعه تأثیر تریادیمنول که از خانواده تریازول است بر روی پنبه مشاهده کردند که وزن خشک گیاه افزایش یافته است (Hoshyar, 2004). اما با نتایج مطالعه تأثیر دو ترکیب هگزاکونازول و تری‌دی‌فون بر رشد و متابولیسم کربوهیدرات در گیاه حسن‌یوسف مطابقت نداشت (Kishorekumar et al., 2006). در مطالعه اثر تنش خشکی بر شاخص‌های رشد بادرنبوبه مشاهده کردند که در شرایط تنش به دلیل کاهش مواد فتوسنتزی وزن خشک بوته کاهش می‌یابد و همچنین گیاه برای فرار از خشکی و حفظ بقاء زودتر به گل می‌رود؛ بنابراین بیشترین مقدار وزن خشک در درجه

و گسترش سطح برگ کاهش یافته، برگ‌های جدید ضخیم‌تر بوده، ولی سطح برگ کمتری دارند (Ganjali and Nezami, 2008). در تحقیقی اثرات سطوح مختلف تیمار هگزاکونازول (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر) را بر روی گیاه کولئوس^۱ مطالعه کردند و به این نتیجه رسیدند که تمام غلظت‌های مورد استفاده هگزاکونازول سطح برگ را کاهش داد (Lakshmanan et al., 2007). به منظور بررسی اثرات دو ترکیب هگزاکونازول و تری‌دی‌فون بر رشد و متابولیسم کربوهیدرات در گیاه حسن‌یوسف مشاهده کردند که هگزاکونازول و تری‌دی‌فون منجر به کاهش سطح برگ شدند (Kishorekumar et al., 2006).

نسبت ریشه به ساقه

نتایج نشان می‌دهد که تنش خشکی بر این نسبت تأثیری نداشته است، اما هگزاکونازول در سطح احتمال یک درصد و اثرات متقابل تیمارها در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری داشت. مقایسه میانگین‌ها و گروه‌بندی متفاوت نیز این نتیجه را مشخص نمود (جدول ۱-۱) که نسبت ریشه به ساقه در شرایط تنش با غلظت‌های صفر، ۱۵ و ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر (به ترتیب) هگزاکونازول (۲/۹۹۳، ۳/۱۰۸ و ۳/۲۳ سانتی‌متر) در مقایسه با شرایط بدون تنش (۲/۸۲، ۲/۷۲ و ۳/۷۷ سانتی‌متر) افزایش یافت. این افزایش نشان‌دهنده محدودیت رشد ساقه نسبت به ریشه در مقایسه با شاهد و همچنین نقش مثبت سطوح هگزاکونازول در روند افزایشی این نسبت است. افزایش نسبت ریشه به ساقه در شرایط تنش خشکی می‌تواند گیاه را از کم‌آبی حفظ کند. با افزایش تنش خشکی و عدم مصرف کود نیتروژن عملکرد دانه کاهش یافت. دلیل این موضوع این است که با افزایش تنش خشکی از رشد اندام‌های هوایی و زیرزمینی کاسته می‌شود، ولی رشد اندام‌های زیرزمینی کمتر از رشد اندام‌های هوایی کاهش می‌یابد. گیاه در شرایط تنش سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی را به ریشه اختصاص می‌دهد و این ویژگی باعث می‌شود که گیاه بتواند در شرایط خشکی آب مورد نیاز سایر قسمت‌های خود را فراهم کند. در بررسی پاسخ جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گیاهان دارویی زوفا و مارگاریت به تنش خشکی مشاهده کردند که نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه با افزایش تنش خشکی در هر

¹ *Plectranthus forskholii*

روز رشد (GDD) کمتری نسبت به شرایط بدون تنش به دست می‌آید. پس می‌توان گفت که تنش سبب تسریع رشد و نمو و کاهش دوره‌ی رشد گیاه می‌شود (Ardakani et al., 2010).

کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها

نتایج نشان داد که تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد و هگزاکونازول در سطح احتمال پنج درصد بر غلظت کلروفیل a معنی‌دار است، اما اثر متقابل خشکی و هگزاکونازول تأثیری بر آن نداشت. جدول مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۱-۱) که به‌طور کلی غلظت کلروفیل a در شرایط تنش پایین‌تر از شرایط بدون تنش خشکی است. این در حالی است که در شرایط بدون تنش خشکی کاربرد ۱۵ و ۲۵ میلی‌گرم در لیتر هگزاکونازول به ترتیب (۴۱/۸۹ و ۳۹/۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) کلروفیل a بالاتری نسبت به شاهد داشتند. در شرایط تنش با افزایش غلظت هگزاکونازول (به ترتیب ۳۷/۰۳، ۳۶/۶۸ و ۳۱/۹۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر) میزان کلروفیل a کاهش یافت. همچنین مشخص شد که تنش خشکی و هگزاکونازول در سطح احتمال یک درصد بر غلظت کلروفیل b و کل تفاوت معنی‌دار داشتند، اما اثر متقابل خشکی و هگزاکونازول تأثیری نشان ندادند. همچنین به‌طور کلی جدول مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۱-۱) غلظت کلروفیل b و کل در شرایط بدون تنش بالاتر از شرایط تنش خشکی است. در بررسی اثر تنش خشکی بر میزان کلروفیل در گیاه بادرنجبویه، میزان کلروفیل a به‌شدت کاهش یافت و کلروفیل b تا حدودی افزایش پیدا کرد (Abbaszadeh et al., 2008).

جدول ۲. مقایسه میانگین بررسی سطوح خشکی و هگزاکونازول بر صفات رشدی پنیروک

Table 2. Mean comparison of drought and hexaconazole different levels on growth characteristics of the (*Malva sylvestris* L.)

خشکی Drought (% FC)	هگزاکونازول Hexaconazole (mg l ⁻¹)	پروترین Proline (µmg/mg FW)	قندهای محلول Soluble sugars (mg/g DW)	پراکسیداز Peroxidase (unit/mg protein)	کاتالاز Catalase (unit/mg protein)	پروتئین Protein (mg/mg FW)
100	0	7.91 ^{ab}	5.28 ^{ab}	0.0067 ^b	1.16 ^b	2.26 ^{ab}
100	15	9.13 ^a	5.49 ^a	0.0094 ^a	1.3 ^b	2.13 ^b
100	25	7.1 ^b	4.55 ^b	0.0078 ^b	2.015 ^a	2.49 ^a
50	0	2.56 ^b	4.11 ^b	0.0078 ^c	0.22 ^b	2.01 ^a
50	15	10.38 ^a	5.04 ^{ab}	0.013 ^a	1.66 ^a	2.06 ^a
50	25	11.04 ^a	5.3 ^a	0.0105 ^b	1.85 ^a	1.92 ^a

در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد است.

In each column, the same words indicate no significant difference based on the Duncan multi-domain test at 1% probability level.

کاروتنوئیدها

نتایج نشان داد که تنش خشکی تأثیری بر غلظت کاروتنوئیدها نداشته است، اما سطوح هگزاکونازول و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند. جدول مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۱-۱) که غلظت-های هگزاکونازول در شرایط تنش و غیرتنش خشکی در سطح ۱۵ میلی‌گرم در لیتر (به ترتیب ۳۱۳/۰۸ و ۲۸۴/۱۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و ۲۵ میلی‌گرم در لیتر (۳۰۷/۳۳ و ۲۸۷/۶۷ میلی‌گرم در لیتر) غلظت بالاتری از کاروتنوئیدها را نسبت به شاهد (به ترتیب ۲۷۹/۲۶ و ۲۵۵/۳۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر) نشان دادند. این نتایج تأثیر مثبت تیمار هگزاکونازول بر غلظت کاروتنوئیدها مشخص می‌نماید. در مطالعه اثرات سطوح مختلف تیمار هگزاکونازول بر گیاه کولتوس مشاهده کردند که میزان کاروتنوئید تحت تیمار هگزاکونازول در مقایسه با گیاهان شاهد افزایش قابل‌توجهی داشت (Lakshmanan et al., 2007). افزایش میزان کاروتنوئید در این شرایط می‌تواند ناشی از نقش حفاظتی این رنگیزه‌ها باشد. کاروتنوئیدها همچنین نور جذب‌شده را به کلروفیل‌ها منتقل کرده و باعث افزایش کارایی کلروفیل‌ها می‌گردند. احتمال می‌رود که این افزایش میزان کاروتنوئید بر اثر افزایش میزان تراکم ناشی از کاهش وجود آب در دسترس گیاه و زودتر مواجه شدن با تنش خشکی در این شرایط باشد (Emadi et al., 2012). همچنین در بررسی اثر تریدیفون و هگزاکونازول بر ترکیب رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی گیاه تاپیوکا مشاهده شد که تریدیفون و هگزاکونازول باعث افزایش غلظت کاروتنوئید گردید (Gomathinayagam et al., 2007). در بررسی واکنش گیاه دارویی شوید به تنش خشکی در مرحله رشد رویشی مشاهده کردند که با افزایش تنش، میزان کاروتنوئیدها کاهش یافت (Setayesh-Mehr and Ganjali, 2013). محققان گزارش کردند که کاهش کارایی استفاده از کربن و افزایش تولید اتانول و لاکتات سبب کاهش سنتز کاروتنوئیدها و کلروفیل‌ها می‌شود. همچنین اعمال تنش خشکی در مرحله زایشی گیاه، تسریع پیری برگ و تجزیه رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی را در پی داشت (Neto et al., 2009).

غلظت پرولین

نتایج مشخص نمود سطوح هگزاکونازول و اثرات متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری بر غلظت

پرولین داشتند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۱-۲) که سطوح هگزاکونازول بر غلظت پرولین نقش مثبت نشان داد. به طوری که در شرایط بدون تنش خشکی غلظت ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر (۹/۱۳ میکرومول بر میلی‌گرم وزن تر) نسبت به شاهد و ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر دارای میزان پرولین بالاتری بود. بخصوص در سطح ۵۰ درصد خشکی افزایش شدید میزان پرولین در سطوح هگزاکونازول (۱۵ و ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب ۱۰/۳۸ و ۱۱/۰۴ میکرومول بر میلی‌گرم وزن تر) مشاهده شد. مشخص شد که مقدار پرولین در شرایط تنش خشکی با افزایش غلظت هگزاکونازول افزایش قابل‌ملاحظه‌ای داشت. در مطالعه توانایی هگزاکونازول جهت کاهش شوری در گیاه کلزا مشاهده کردند که هگزاکونازول محتوای پرولین را افزایش داد (Akbari et al., 2011). در مطالعه تأثیر پراکسید هیدروژن بر تنش کم‌آبی در گیاهان گل‌تکمه‌ای و تاج-خروس زینتی مشاهده کردند که با افزایش فواصل آبیاری و پراکسید هیدروژن، پرولین گیاه نیز افزایش یافت. پرولین می‌تواند ترکیباتی نظیر پروتئین‌های ساختاری را از طریق حفظ ثبات ساختمانی حمایت کند. همچنین پرولین تجمع یافته در گیاهان، باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و خنثی-سازی رادیکال‌های آزاد هیدروکسیل می‌گردد (Goldani and Kamali, 2011). در تحقیق بر روی بادرنجبویه، نشان دادند که مقدار پرولین با افزایش شدت تنش خشکی افزایش پیدا کرد. مولکول‌های پرولین شامل قسمت‌های آب‌دوست و آب‌گریز است. پرولین محلول، می‌تواند حلالیت پروتئین‌های مختلف را تحت تأثیر قرار داده و جلوی غیرطبیعی شدن آلبومین را بگیرد (Abbaszadeh et al., 2008).

غلظت قندهای محلول

نتایج نشان داد که خشکی و هگزاکونازول تأثیری بر میزان قند نداشتند، اما اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. جدول مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۱-۲) در شرایط بدون تنش سطح ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر هگزاکونازول (۵/۴۹ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) موجب بهبود غلظت قندها نسبت به شاهد و سطح ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر محلول (به ترتیب ۵/۲۸ و ۴/۵۵ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) گردید. این در حالی است که در شرایط تنش هر دو سطح هگزاکونازول (۵/۰۴ و ۵/۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) دارای میانگین بالاتری نسبت به شاهد (۴/۱۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) بودند. می‌توان اظهار داشت سطوح

واحد بر میلی گرم پروتئین و در شرایط تنش خشکی به ترتیب ۰/۲۲، ۱/۶۶ و ۱/۸۵ واحد بر میلی گرم پروتئین نشان دادند. این افزایش قابل توجه در فعالیت آنزیم می‌تواند از نتایج خاص اثر تیمار هگزاکونازول در گیاه باشد.

در تحقیق بر روی زیتون در شرایط تنش خشکی نشان دادند که با افزایش مدت و شدت تنش خشکی در ارقام زیتون، فعالیت کمی آنزیم پراکسیداز کاهش یافت (Zarabi et al., 2010). در مطالعه توانایی هگزاکونازول جهت کاهش شوری در گیاه کلزا مشاهده کردند که آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت افزایش یافته است (Akbari et al., 2011). پراکسیداز، به‌عنوان آنزیم تنش در گیاهان عالی، در برخی از فرایندهای سلولی مانند سازوکار دفاعی میزبان، اتصال عرضی مونومرهای گلیکوپروتئین‌های غنی از هیدروکسی پرولین موجود در دیواره سلولی، اتصال عرضی پلی‌ساکاریدهای پکتیکی به‌وسیله اسیدهای فنولیک در دیواره سلولی و عمل چوبی شدن و چوب‌پنبه‌ای شدن شرکت می‌کند (Reddy et al., 2004). شواهد به‌دست‌آمده اظهار می‌دارند که ترکیبات تریازولی به طریق ممانعت از حمله اکسیداسیونی به‌صورت کاهش یا افزایش سمیت‌زدایی رادیکال آزاد اکسیژن، موجب القای تحمل در برابر تنش محیطی شده‌اند (Hoshyar Fard and Darvish Mojani, 2004). تنش خشکی موجب افزایش میزان آنزیم کاتالاز در گیاه پونه معطر گردید که افزایش غلظت کاتالاز نشان‌دهنده مهار کارآمد نسبت به پراکسیدهیروژن عنوان گردید (Afsharmohammadian et al., 2016). همچنین تنش خشکی موجب افزایش غلظت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در گیاه چای گردید. آنزیم پراکسیداز و کاتالاز با تجزیه سریع پراکسید هیروژن، اثرهای مخرب آن را مهار می‌کند (Rahimi et al., 2018).

میزان کمی پروتئین

نتایج نشان داد که تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل تیمارها در سطح پنج درصد معنی‌دار شد، اما سطوح هگزاکونازول تأثیری بر میزان کمی پروتئین نداشت. جدول مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۱-۲) که در شرایط بدون تنش سطح ۲۵ میلی گرم بر لیتر (۲/۱۳) میلی گرم بر میلی گرم وزن تر) نقش مثبتی در افزایش میزان کمی پروتئین گیاه نسبت به شاهد و سطح ۱۵ میلی گرم بر لیتر هگزاکونازول داشتند. لذا می‌توان اظهار داشت هگزاکونازول بر غلظت پروتئین گیاه و تعدیل شرایط تنش در گیاه مؤثر باشد. در

هگزاکونازول نقش مؤثری در افزایش غلظت قندهای محلول داشت و حتی افزایش سطح تیمار نقش بارزتری را نمایان نمود. در تحقیقی به‌منظور بررسی اثرات دو ترکیب هگزاکونازول و تری‌دی‌فون بر رشد و متابولیسم کربوهیدرات در گیاه حسن‌یوسف مشاهده کردند که دو ترکیب هگزاکونازول و تری‌دی‌فون باعث کاهش قند شده است که مغایر با نتایج این تحقیق است (Kishorekumar et al., 2006). به گزارش عباس‌زاده و همکاران (Abbaszadeh et al., 2008) در تحقیق بر روی بادرنجیویه، علت افزایش اولیه قندهای محلول برای بالا بردن مقاومت گیاه به دلیل تنظیم فشار اسمزی سلول بوده، ولی با شدیدتر شدن تنش، تولید قندها به‌شدت کاهش پیدا می‌کند و میزان قندهای محلول شروع به کاهش می‌نماید. کاهش میزان قندهای محلول در تیمارهای تنش شدید می‌تواند به دلیل مصرف قندها در سنتز متابولیت‌هایی چون پرولین در اندام هوایی باشد (Irigoyen et al., 1992).

فعالیت کمی آنزیم پراکسیداز و کاتالاز

نتایج مشخص کرد که خشکی، هگزاکونازول و اثر متقابل آن‌ها بر میزان فعالیت کمی آنزیم پراکسیداز در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌دار داشتند. جدول مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۱-۲) که سطوح هگزاکونازول نقش مؤثری بر افزایش فعالیت این آنزیم در شرایط با و بدون تنش خشکی داشت، به‌طوری‌که در سطح ۱۵ میلی گرم در لیتر هگزاکونازول (در شرایط بدون و با تنش خشکی به ترتیب ۰/۰۹۴ و ۰/۱۳ واحد بر میلی گرم پروتئین) بالاتر از سطح ۲۵ میلی گرم در لیتر هگزاکونازول (در شرایط بدون و با تنش خشکی به ترتیب ۰/۰۷۸ و ۰/۱۰۵ واحد بر میلی گرم پروتئین) و شاهد (در شرایط بدون و با تنش خشکی به ترتیب ۰/۰۶۷ و ۰/۰۷۸ واحد بر میلی گرم پروتئین) بود. این نتایج به‌خوبی نقش مؤثر تیمار هگزاکونازول را بر فعالیت کمی آنزیم پراکسیداز مشخص می‌نماید. طبق نتایج فعالیت کمی آنزیم کاتالاز، خشکی در سطح پنج درصد، هگزاکونازول و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند. جدول مقایسه میانگین نشان می‌دهد (جدول ۱-۲) که سطوح هگزاکونازول بخصوص در شرایط تنش خشکی افزایش فوق‌العاده‌ای در فعالیت کمی آنزیم کاتالاز داشته است. به‌طوری‌که در شرایط بدون تنش خشکی، سطوح شاهد، ۱۵ و ۲۵ میلی گرم در لیتر تیمار هگزاکونازول به ترتیب ۱/۱۶، ۱/۳ و ۲/۱۵

نتیجه‌گیری کلی

همان‌طور که از نتایج این تحقیق مشاهده می‌شود تیمار هگزاکونازول با کاهش رشد سطح برگ و تعداد برگ و افزایش رشد ساقه نسبت به ریشه، رشد رویشی ساقه و ریشه، وزن تر و خشک، کلروفیل، قندهای محلول، آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز و غلظت پرولین مکانیسم دفاعی گیاه را نسبت به تنش خشکی بهبود می‌بخشد. همچنین مشخص گردید که تنظیم‌کننده رشد گیاهی مانند هگزاکونازول می‌تواند در توسعه رشدی و بهبود برخی خصوصیات گیاهی مؤثر بوده و از شدت تنش بر گیاه بکاهد.

مطالعه آزمایش تأثیر دو ترکیب تریازولی بر روی گیاه هویج به این نتیجه رسیدند که استفاده از تریازول‌هایی مثل پاکلوبوترازول و هگزاکونازول باعث تشکیل بهتر پروتئین می‌شود (Gopi et al., 2007). در تحقیق بر روی گیاه شوید در شرایط تنش خشکی نشان دادند که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر میزان پروتئین‌های محلول بخش هوایی و ریشه داشت (Setayesh-Mehr and Ganjali, 2013). از آزمایش‌های مشابه به نظر می‌رسد کاهش محتوای پروتئین کل تحت شرایط تنش کم‌آبی به دلیل واکنش پروتئین با رادیکال‌های آزاد و در نتیجه کاهش سنتز پروتئین و همچنین تجمع اسیدهای آمینه آزاد از جمله پرولین مرتبط باشد (Naeemi et al., 2012).

منابع

- Abbaszadeh, B., Sharifi Ashourabadi, E., Lebaschi, M.H, Naderi Hajibagher Kandy, M., Moghadami, F., 2008. The effect of drought stress on proline contents, soluble sugars, chlorophyll and relative water contents of balm (*Melissa officinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 23(4), 504-513. [In Persian with English summary].
- Afsharmohammadian, M., Ghanati, F., Ahmadiani, S., Sadrzamani, K., 2016. Effect of drought stress on the activity of antioxidant enzymes and soluble sugars content of pennyroyal (*Mentha pulegium* L.). Nova Biologica Reperta. 3(3), 228-237.
- Akbari, G.A., Hojati, M., Modarres-Sanavi, S.A.M., Ghanati, F., 2011. Exogenously applied hexaconazole ameliorates salinity stress by inducing an antioxidant defense system in *Brassica napus* L. plants. Pesticide Biochemistry and Physiology. 100, 244-250.
- Amiri Deh Ahmadi, S.R., Parsa, M., Nezami, A., Ganjeali, A., 2010. The effects of drought stress at different phenological stages on growth indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in greenhouse conditions. Iranian Journal of Pulses Research. 8 (1), 157-166. [In Persian with English summary].
- Ardakani, M.R., Abbaszadeh, B., Sharifi Ashourabadi, E., Lebaschi, M.H., Moaveni, P., Mohabati, F., 2010. The effect of drought stress on growth indices of balm (*Melissa officinalis* L.). Plant and Ecosystem. 5 (21), 47-58. [In Persian with English summary].
- Arnon, A.N., 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal. 23, 112-121.
- Bates, L.S., Waldern, R.P., Teave, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil. 39, 205-207.
- Bayat, H., Mardani, H., Arouie, H., Salahvarzi, Y., 2011. Effects of salicylic acid on morphological and physiological characteristics of cucumber seedling (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) under drought stress. Journal of Plant Production. 18 (3), 63-76.
- Beck, E., Fettig, S., Knake, C., Hartig, K., Bhattari, T., 2007. Specific and unspecific responses of plants to cold and drought stress. Biosciences. 32(3), 501-510.
- Bisht, R., Singaria, P., Mathur, N., Bohra, S.P., 2007. Triazoles: Their effects on net photosynthetic rate, transpiration rate and stomatal resistance in *Setaria assel* plants grown in vivo. Asian Journal of Experimental Biological Science. 2, 271-276.
- Chance, B., Maehly, A.C., 1955. Assay of catalases and peroxidases. Methods in Enzymology. 2, 764-775.
- Davis, T.D., 1991. Regulation of tree growth and development with triazole compounds. Arboriculture. 17 (6), 167-170.

- Eising, R., Gerhardt, B., 1989. Catalase synthesis and turnover during peroxisome transition in the cotyledons of *Helianthus annuus* L. *Plant Physiology*. 89, 1000-1005.
- Emadi, N., Balouchi, H.R., Jahanbin, Sh., 2012. Effect of drought stress and plant density on yield, yield components and some morphological characters of pinto bean (cv. C.O.S16) in Yasouj region. *Electronic Journal of Crop Production*. 5(2), 1-17. [In Persian with English summary].
- Fletcher, R.A., Gilley, A., Davis, T.D., Sankhla, N., 2000. Triazole as plant growth regulators and stress protectant. *Horticultural Reviews*. 24, 55-138.
- Ganjali, A., Nezami, A., 2008. Ecophysiology and determinatives yield of pulses. JDM Press. 500p. [In Persian]
- Goldani, M., Kamali, M., 2011. Effects of hydrogen peroxide on water stress in *Gomphrena* (*Gomphrena globosa* L.) and Ornamental Amaranthus (*Amaranthus tricolor* L.). *Plant Production Technology*. 10 (2), 65-80. [In Persian with English summary].
- Gomathinayagam, M., Abdul Jaleel, C., Lakshmanan, G.M., Panneerselvam, R., 2007. Changes in carbohydrate metabolism by triazole growth regulators in cassava (*Manihot esculenta* Crantz); effects on tuber production and quality. *Biological Journal of the Linnean Society*. 330 (9), 644-55.
- Gopi, R., Abdul Jaleel, C., Sairam, R., Lakshmanan, G.M.A., Gomathinayagam, M., Panneerselvam, R., 2007. Differential effects of hexaconazole and paclobutrazol on biomass, electrolyte leakage, lipid peroxidation and antioxidant potential of *Daucus carota* L. *Colloids and Surfaces Biointerfaces*. 60, 180-186.
- Hojati, M., Modarres-Sanavi, S.A., Ghanati, F., Panahi, M., 2011. Hexaconazole induces antioxidant protection and apigenin-7-glucoside accumulation in *Matricaria chamomilla* plants subjected to drought stress. *Plant Physiology*. 168, 782-791.
- Hoshyar Fard, M.A., Darvish Mojani, T., 2004. Compatibility of insecticide- fungicide combination treatments of cotton seed respect to the germination, emergence and control of seedling diseases. *Seed and Plant Production*. 23(3), 281-296. [In Persian with English summary].
- Irigoyen, J.J., Emerich, D.W., Sanchez-Diaz, M., 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa* L.) plants. *Physiologia Plantarum*. 84, 55-60.
- Kishorekumar, A., Abdul Jaleel, C., Manivannan, P., Sankar, B., Sridharan, R., Somasundaram, R., Panneerselvam, R., 2006. Differential effects of hexaconazole and paclobutrazol on the foliage characteristics of Chinese potato (*Solenostemon rotundifolius* Poir, J.K. Morton). *Acta Biologica Szegediensis*. 50(3-4), 127-129.
- Lakshmanan, G.M.A., Abdul Jaleel, C., Gomathinayagam, M., Panneerselvam, R., 2007. Changes in antioxidant potential and sink-organ dry matter with pigment accumulation induced by hexaconazole in *Plectranthus forskholii* Briq. *Cell Research Biologies*. 330, 814-820.
- Lowry, O.H., Rosebrough, N.H., Farr, A.L., Randall, R.J., 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *Biology chemical*. 193, 256-275.
- Magnitskiy, S.V., Pasian, C.C., Bennett, M.A., Metzger, J.D., 2006. Controlling plug height of verbena, celosi and pansy by treating seeds with paclobutrazol. *Horticultural Science*. 41, 158-161.
- Naemi, M., Ali Akbari, Gh., Shirani Rad, A.H., Hassanloo, T., Abbas Akbari, Gh., 2012. Effect of zeolite application and selenium spraying on water relations traits and antioxidant enzymes in medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) under water deficit stress conditions. *Journal of Crops Improvement*. 14 (1), 67-81. [In Persian with English summary].
- Oliviera-Neto, C.F., Silva-Lobato, A.K., Goncalves-Vidigal, M.C., Costa, R.C.L., Santos.Filho, B.G., Alves, G.A.R., Silva-Maia, W.J.M., Cruz, F.J.R., Neres, H.K.B., Santos Lopes, M.J., 2009. Carbon compounds and chlorophyll contents in sorghum submitted to water deficit during three growth stages. *Science and Technology*. 7, 588-593.
- Omidbeigi, R., 2012. Production and Processing of Medicinal Plants. 6th ed. Mashhad: Astane-e-Ghods-e-Razavi Press. 193-200. [In Persian].
- Rahimi, M., Kordrostami, M., Mortezaei M., Safaei-Chaeikar, S., 2018. Determination of drought tolerance clones in Tea (*Camellia sinensis* L.) by investigating the activity of antioxidant enzymes. *Journal of Iranian Plant*

- Ecophysiological Research. 13 (49), 1-12. [In Persian with English summary].
- Rastegar, M., 1992. Dry Farming. First ed. Berahmand Publication. 250p. [In Persian].
- Razavi, S.M., 2003. Medicinal Plants. Tehran, Talash Publication, 104p. [In Persian with English summary].
- Reddy, A.R., Chaitanya, K.V., Vivekanadan, M.V., 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and Antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Plant Physiology. 161, 1189-1202.
- Setayesh-Mehr, Z., Ganjali, A., 2013. Effects of Drought Stress on Growth and Physiological Characteristics of Dill (*Anethum graveolens* L.). Journal of Horticultural Science. 27 (1), 27-35.
- Sheligl, H. Q., 1986. Die verwertung orgngischer souren durch chlorella lincht. Planta Journal. 47-51.
- Taiz, L., Zeiger. E., 2005. Plant Physiology. Vol. 2. (Translate); Kafi, M., Zand, A., Kamkar, B., Sharifi, H.R., Goldani, M., Mashad Jahad-e Daneshghahi. 379p.
- Xiao, X., Xu, X., Yang, F., 2008. Adaptive responses to progressive drought stress in two *Populus cathayana* populations. Silva Fennica. 42 (5), 705-719.
- Zarabi, M., Talaei, M., Soleimani, E. Haddad, R., 2010. The role of physiological and biochemical changes of six Olive cultivar exposed to drought stress. Journal of Horticultural Science. 24 (2), 244-234.